

Requested Patent: DE3721572A1

Title:

PROCESS FOR OPEN-LOOP AND CLOSED-LOOP CONTROL OF A CATALYST ;

Abstracted Patent: DE3721572 ;

Publication Date: 1988-02-11 ;

Inventor(s):

EITZINGER HARALD ING (AT); TRUPPE PETER (CH); PISCHINGER FRANZ PROF
DR (DE) ;

Applicant(s): JENBACHER WERKE AG (AT) ;

Application Number: DE19873721572 19870630 ;

Priority Number(s): AT19860002048 19860730 ;

IPC Classification: B01D53/36; B01D53/30; F23J15/00; B01J35/00; B01J12/00 ;

Equivalents: AT204886, AT385915B ;

ABSTRACT:

Process for metering the NH₃ feed to a selective catalyst (1) for reduction of the nitrogen oxides (NO_x) contained in the untreated emission of a two-stroke gas engine (M). In the process according to the invention at least 75 % of the NH₃ requirement calculated from the power (N) and speed of rotation (n) of the engine (M) is fed to the catalyst (1), as a result of which rapid open-loop control of the NH₃ feed is possible. The NH₃ feed still lacking to make up the correct NH₃ preset value is carried out by closed-loop control, the NO_x concentration being measured in the exhaust gases and the NH₃ feed being controlled in dependence on the NO_x concentration determined.



DEUTSCHES
PATENTAMT

② Aktenzeichen: P 37 21 572.8
③ Anmeldetag: 30. 6. 87
④ Offenlegungstag: 11. 2. 88

⑤ Int. Cl. 4:
B01D 53/36
B 01 D 53/30
F 23 J 15/00
// B01J 35/00, 12/00

Behörden

DE 3721572 A1

⑥ Unionspriorität: ⑦ ⑧ ⑨
30.07.86 AT 2048/86

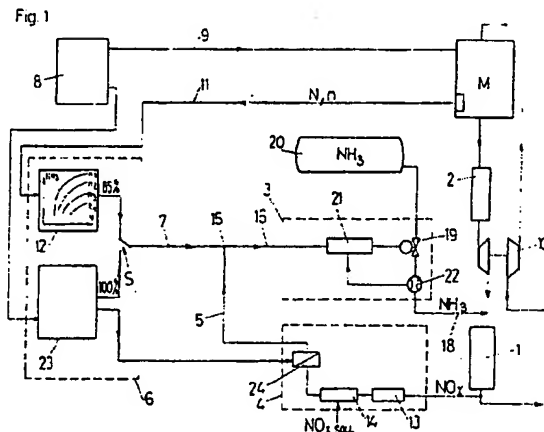
⑩ Anmelder:
Jenbacher Werke AG, Jenbach, Tirol, AT

⑪ Vertreter:
Flügel, O., Dipl.-Ing.; Säger, M., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anw., 8000 München

⑫ Erfinder:
Truppe, Peter, Aadorf, CH; Pischinger, Franz, Prof.
Dr., 5100 Aachen, DE; Eitzinger, Harald, Ing., Stans,
AT

⑬ Verfahren zur Katalysator-Steuerung und -Regelung

Verfahren zur Dosierung der NH_3 -Zufuhr in einen selektiven Katalysator (1) zur Reduktion der in der Rohemission eines Zweitakt-Gasmotors (M) enthaltenen Stickstoffoxide (NO_x). Beim erfindungsgemäßen Verfahren werden mindestens 75% des aus Leistung (N) und Drehzahl (n) des Motors (M) errechneten NH_3 -Bedarfs dem Katalysator (1) zugeführt, womit eine schnelle Steuerung der NH_3 -Zufuhr möglich ist. Die auf den richtigen NH_3 -Sollwert noch fehlende NH_3 -Zufuhr erfolgt durch Regelung, wobei die NO_x -Konzentration in den Abgasen gemessen wird und in Abhängigkeit von der festgestellten NO_x -Konzentration die NH_3 -Zufuhr geregelt wird.



DE 3721572 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zur Dosierung der Ammoniak (NH_3)-Zufuhr in die Abgasleitung einer Verbrennungskraftmaschine (Motor), insbesondere eines Zweitakt-Gasmotors, vor bzw. bei einem Katalysator zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden (NO_x) in den Abgasen des Motors, wobei die NO_x -Konzentration in den Abgasen gemessen wird und in Abhängigkeit von der festgestellten NO_x -Konzentration dem Katalysator NH_3 zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß ein mindestens 75%, vorzugsweise mindestens 85%, des aus Leistung (N) und Drehzahl (n) des Motors (M) ermittelten, vorzugsweise errechneten NH_3 -Bedarfs betragender Teil der NH_3 -Zufuhr unabhängig von der über die gemessene NO_x -Konzentration in den Abgasen laufenden Regelung dem Katalysator (1) zugeführt wird und der restliche Teil der NH_3 -Zufuhr in Abhängigkeit von der in den Abgasen gemessenen NO_x -Konzentration geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der NH_3 -Bedarf zumindest zeitweise im wesentlichen aus gemessenen momentanen Motordaten (Leistung N , Drehzahl n) des Motors (M) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der NH_3 -Bedarf zumindest zeitweise aus über eine Motor-Steuereinrichtung (8) an den Motor (M) abgegebenen Motorsteuerdaten (Leistung N , Drehzahl n) ermittelt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der NH_3 -Bedarf bereits eine vorzugsweise einstellbare erste Zeitspanne (t_1) vor der Abgabe von Motorsteuerdaten zur Reduzierung der Motorleistung (N) im wesentlichen entsprechend der beabsichtigten reduzierten Motorleistung (N) ermittelt wird, und daß während einer zweiten Zeitspanne (t_2), die vom Beginn der ersten Zeitspanne (t_1) mindestens bis zur Einstellung der neuen Motorleistung (N) reicht, 100% des ermittelten NH_3 -Bedarfs dem Katalysator (1) zugeführt werden und die über die gemessene NO_x -Konzentration laufende Regelung außer Kraft ist.
5. Verfahren nach Anspruch 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der NH_3 -Bedarf während der zweiten Zeitspanne (t_2), in der die Regelung noch außer Kraft ist, beim bzw. nach Einstellen der neuen Motorleistung (N) wieder aus den gemessenen tatsächlichen Motordaten (Leistung N , Drehzahl n) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einer gesamten NH_3 -Zufuhr, die während einer weit über den charakteristischen Regelzeiten der über die gemessene NO_x -Konzentration laufenden Regelung liegende Zeitspanne über 100%, vorzugsweise über 105% des aus Leistung (N) und Drehzahl (n) des Motors (M) ermittelten NH_3 -Bedarfs liegt, ein Alarmsignal ausgelöst wird und/oder der Motor abgestellt wird.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dosierung der Ammoniak (NH_3)-Zufuhr in die Abgasleitung einer Verbrennungskraftmaschine (Motor), insbesondere eines Zweitakt-Gasmotors, vor bzw. bei einem Katalysa-

tor zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickstoffoxiden (NO_x) in den Abgasen des Motors, wobei die NO_x -Konzentration in den Abgasen gemessen wird und in Abhängigkeit von der festgestellten NO_x -Konzentration dem Katalysator NH_3 zugeführt wird.

Zur Reduzierung der in der Rohemission von Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere von stationären Zweitakt-Gasmotoren, wie sie in Verdichteranlagen eingesetzt werden, enthaltenen Stickstoffoxiden werden sogenannte SCR-Katalysatoren (Selective Catalytic Reaction) verwendet. Bei derartigen Katalysatoren (z. B. TiO_2 -Katalysator, Zeolith-Katalysatoren oder Katalysatoren auf Cordierit-Basis) wird Ammoniak (NH_3) vor oder bei dem Katalysator in die Abgasleitung eingedüst und reagiert im Katalysator mit den Stickstoffoxiden an katalytisch wirkenden Flächen weitgehend zu unschädlichen Verbindungen.

Im Betrieb muß die bei dem Katalysator eingedüste NH_3 -Menge immer in einem bestimmten Verhältnis zu den in den Abgasen enthaltenen Stickstoffoxiden stehen, um einerseits die behördlich vorgeschriebenen NO_x -Werte nach dem SCR-Katalysator und andererseits einen NH_3 -Schlupf nicht zu überschreiten. Unter NH_3 -Schlupf wird dabei jene NH_3 -Konzentration verstanden, die in den austretenden Abgasen nach dem SCR-Katalysator noch vorhanden ist. Dieser NH_3 -Schlupf, der wegen der Giftigkeit von NH_3 und dessen stechendem Geruch besonders unerwünscht ist, tritt immer dann in unangenehmem Maß auf, wenn zuviel NH_3 im Verhältnis zum NO_x eingedüst wird.

Ein bisher bekanntes Verfahren besteht in einer Regelung der NH_3 -Zufuhr in den Katalysator, wobei die NO_x -Konzentration nach dem Katalysator gemessen wird und in Abhängigkeit von der festgestellten NO_x -Konzentration dem Katalysator NH_3 zugeführt wird. Bei instationärer Betriebsweise, bei der sich Leistung und Drehzahl des Motors und damit die NO_x -Konzentration in der Rohemission des Motors rasch verändern, treten aufgrund der typischerweise in der Größenordnung von einer Minute liegenden Regelzeit (von der Probennahme über die photometrische Analyse bis zur Korrektur des eingedüsten NH_3 -Wert) NO_x und NH_3 -Emissionspeaks auf, wobei die erhöhte NH_3 -Konzentration aufgrund des erwähnten unangenehmen stechenden Geruchs besonders lästig ist. Diese erhöhte NH_3 -Konzentration oder NH_3 -Schlupf tritt bei einer schnellen Leistungsreduzierung auf, wie sie in der Praxis beispielsweise bei sprunghaftem Ändern der Last vorkommt, weil dort etwa eine Minute lang (bis die Regelung die NH_3 -Zufuhr zurücknimmt) im Verhältnis zu der aufgrund der Leistungsreduzierung zurückgegangenen NO_x -Konzentration zuviel NH_3 zugeführt wird.

Außerdem wird bei der bekannten Regelung bei Aktivitätsverlust des Katalysators einfach die NH_3 -Zufuhr erhöht, um die NO_x -Konzentrationen immer noch unter einem vorgegebenen Grenzwert zu halten. Dies hat aber einen unzulässig hohen NH_3 -Schlupf zur Folge. Die Möglichkeit die Regelung auf der Messung des NH_3 -Schlupfes aufzubauen scheidet in der Praxis aus, da im Brennstoff für den Motor meist enthaltener Schwefel mit NH_3 sofort Ammoniumsulfat reagiert und damit den NH_3 -Wert zumindest bei nicht absolut schwefelfreien Brennstoffen verfälscht.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Dosierung der NH_3 -Zufuhr in einen Katalysator zu schaffen, durch das auch bei raschen Leistungs- und Drehzahländerungen des Motors eine bestimmte NO_x -Konzentration und insbesondere ein bestimmter

NH₃-Schlupf in den aus dem Katalysator austretenden Abgasen nicht überschritten werden. Außerdem soll die Gefahr eines unzulässig erhöhten NH₃-Schlupfes bei Aktivitätsverlust des Katalysators vermieden werden.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß ein mindestens 75%, vorzugsweise mindestens 85% des aus Leistung und Drehzahl des Motors ermittelten, vorzugsweise errechneten NH₃-Bedarfs betragender Teil der NH₃-Zufuhr unabhängig von der über die gemessene NO_x-Konzentration in den Abgasen laufenden Regelung dem Katalysator zugeführt wird und der restliche Teil der NH₃-Zufuhr in Abhängigkeit von der in den Abgasen gemessenen NO_x-Konzentration geregelt wird.

Die Ermittlung des NH₃-Bedarfs aus Leistung (Kraftstoffzufuhr) und Drehzahl des Motors ist zwar an sich bekannt (US-PS 44 03 473). Bei der bekannten Anlage ist jedoch die gesamte NH₃-Zufuhr gesteuert, d. h. ausschließlich durch den aus den Motordaten errechneten NH₃-Bedarf gegeben. Eine Regelung über die tatsächliche NO_x-Konzentration in den Abgasen fehlt bei der bekannten Anlage vollkommen, so daß auf Grund schwierig erfaßbarer Parameter, wie Temperatur und Alterungszustand des Katalysators oder Schwankungen in der Rohemission, die den wahren NH₃-Bedarf mitbestimmen, eine gewünschte genaue Einhaltung der NO₃-Ausgangskonzentration nicht erzielt werden kann.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die NH₃-Zufuhr großteils (zu mindestens 75%) leistungs- und drehzahlabhängig, beispielsweise entsprechend einem in Vorversuchen für einen bestimmten Motortyp ermittelten Kennfeld, gesteuert, während durch Regelung des restlichen Teiles der NH₃-Zufuhr die gesamte NH₃-Zufuhr aus den tatsächlich erforderlichen NH₃-Sollwert geregelt wird. Der genannte NH₃-Sollwert stellt jene leistungs- und drehzahlabhängige NH₃-Zufuhr dar, bei der die Rohemission im Katalysator immer auf eine (vorbestimmte NO_x-Ausgangskonzentration sinkt, die im allgemeinen knapp unterhalb der vorgeschriebenen NO_x-Höchstkonzentration liegen wird, um einerseits das relativ teure NH₃ zu sparen und andererseits die Gefahr eines größeren NH₃-Schlupfes von vornherein herabzusetzen.

Unter der von der Regelung über die NO_x-Konzentration im Abgas unabhängigen NH₃-Zufuhr ist nicht unbedingt eine räumlich getrennte NH₃-Zufuhr (ca. 85% gesteuert, ca. 15% geregelt) in den Katalysator gemeint, wenngleich diese auch möglich erscheint. Eher ist daran gedacht, eine einzige räumliche über eine Dosiereinrichtung festgelegte NH₃-Zufuhr in den Katalysator vorzusehen und dann den Steuereingang dieser Dosiereinrichtung mit einem Signal zu beaufschlagen, das sich aus einem gesteuerten Teilsignal, das mindestens 75% des ermittelten NH₃-Bedarfs entspricht, und einem geregelten Teilsignal, das der auf den NH₃-Sollwert fehlenden NH₃-Zufuhr entspricht, additiv zusammensetzt.

Wesentlich ist beim erfindungsgemäßen Verfahren die Tatsache, daß die NH₃-Zufuhr zum Großteil unabhängig von der NO_x-Konzentration gesteuert ist, womit eine vorteilhafte sekundenschnelle (im Gegensatz zu der etwa einminütigen Anpassung bei der alleinigen Regelung zu der NO_x-Konzentration im Abgas) Anpassung der NH₃-Zufuhr an eine durch Leistungs- und Drehzahländerung des Motors geänderte NO_x-Konzentration möglich ist. Daß bei einer solchen schnellen Anpassung der geregelte, viel kleinere Anteil der NH₃-Zufuhr ($\leq 25\%$ der gesamten NH₃-Zufuhr) etwa 1 Minute

nachhinkt, stellt kaum einen Nachteil dar. Beim Absenken der Motorleistung liegt die NH₃-Zufuhr durch das zeitliche Nachhinken des geregelten Anteils der NH₃-Zufuhr kurzzeitig geringfügig über dem NH₃-Sollwert. Dies bewirkt aber wegen der nur geringfügigen Erhöhung gegenüber dem NH₃-Sollwert lediglich ein etwas tieferes Absenken der NO_x-Konzentration und keinen merklichen Anstieg, des NH₃-Schlupfes. Beim Ansteigen der Motorleistung liegt die NH₃-Zufuhr kurz unter dem NH₃-Sollwert; dies jedoch ebenso nur geringfügig, da ja nur der für sich kleine, geregelte Anteil der NH₃-Zufuhr etwas zu klein ist. Die bei den üblicherweise verwendeten Katalysatortypen NH₃-Pufferwirkung wirkt hier zudem ausgleichend, so daß ein Ansteigen der NO_x-Konzentration über den erlaubten Wert auf keinen Fall auftritt.

Der geringe in Abhängigkeit von der gemessenen NO_x-Konzentration geregelte Anteil der NH₃-Zufuhr stellt somit hinsichtlich der Gefahr von NH₃- oder NO_x-Emissionspeaks bei Leistungswechseln keinen Nachteil dar, bringt aber die wesentlichen Vorteile, daß die Möglichkeit besteht, trotz nicht gut erfaßbarer Querempfindlichkeiten, wie momentane Temperatur und Alterungszustand des Katalysators oder Schwankungen in der Rohemission, die Konvertierungsrate des Katalysators voll auszuschöpfen und zumindest in stationären Teilbetriebsphasen, die vorgegebene, in der Regel knapp unter den behördlichen Grenzwerten liegende NO₃-Konzentration exakt zu erreichen.

Bei großen stationären Motoren, bei denen das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhafterweise angewandt wird, stehen meist gemessene momentane Motordaten zur Verfügung, aus denen sich leicht die momentane Leistung und Drehzahl des Motors ermitteln lassen. Dann ist es gemäß einem bevorzugten Merkmal der Erfindung von Vorteil, wenn der NH₃-Bedarf zumindest zeitweise im wesentlichen aus gemessenen momentanen Motordaten (Leistung, Drehzahl) des Motors, ermittelt wird. Mehr als 75% der NH₃-Zufuhr stimmt dann auf Grund der Steuerung von vornherein immer mit dem momentanen NH₃-Sollwert überein. Der restliche Anteil der NH₃-Zufuhr wird auf den einer exakten NO_x-Konzentration entsprechenden NH₃-Sollwert nachgeregelt.

Auch ohne Messung der Motordaten (Leistung und Drehzahl) läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren anwenden. Hierzu sieht eine weitere bevorzugte Ausführungsform vor, daß der NH₃-Bedarf zumindest zeitweise aus über eine Motor-Steuereinrichtung an den Motor abgegebenen Motorsteuerdaten (Leistung, Drehzahl) ermittelt wird. Natürlich ist es auch möglich, etwa die Drehzahl zu messen, was einfach ist, und die Leistung aus den Motorsteuerdaten zu entnehmen. Bei Zugrundelegung der Motorsteuerdaten anstelle der gemessenen tatsächlichen Motordaten muß natürlich sichergestellt sein, daß die Motorsteuerdaten zumindest näherungsweise ein Maß für die sich daraufhin einstellenden Motoren sind.

Legt man der Ermittlung des NH₃-Bedarfes die momentane Motorleistung und Drehzahl zugrunde, so kommt es beim schnellen Absenken der Motorleistung — wie oben erwähnt — kurzzeitig zu einer geringfügig über dem NH₃-Sollwert liegenden NH₃-Zufuhr. Bei dem zur Zeit recht hoch liegenden Grenzwert für die NO_x-Konzentration, unter dem knapp gefahren wird, ist der Katalysator nicht bis ans Ende seiner Konversionsrate belastet und es wird der Überschuß an NH₃ im wesentlichen nur dazu verwendet, die NO_x-Konzentration wei-

ter zu senken. Muß durch zukünftige strenge Abgasnormen die Konzentrationsrate des Katalysators bereits in stationären Betriebsphasen voll ausgeschöpft werden, oder will man jegliche Erhöhung des NH_3 -Schlupfes absolut ausschließen, so kann erfindungsgemäß vorteilhafterweise vorgesehen sein, daß der NH_3 -Bedarf bereits eine vorzugsweise einstellbare erste Zeitspanne vor der Abgabe von Motorsteuerdaten zur Reduzierung der Motorleistung im wesentlichen entsprechend der beabsichtigten reduzierten Motorleistung ermittelt wird, und daß während einer zweiten Zeitspanne, die vom Beginn der ersten Zeitspanne mindestens bis zur Einstellung der neuen Motorleistung reicht, 100% des ermittelten NH_3 -Bedarfs dem Katalysator zugeführt werden und die über die gemessene NO_x -Konzentration laufende Regelung außer Kraft ist. Bei dieser Variante des Verfahrens wird die NH_3 -Zufuhr vorzeitig abgesenkt, was eine Erhöhung des NH_3 -Schlupfes absolut ausschließt. Auf Grund der NH_3 -Pufferwirkung des Katalysators, die zwar nur kurz andauert, wird ein Ansteigen der NO_x -Konzentration über den zulässigen Höchstwert während der ausgeschalteten Regelung vermieden. Das Ausschalten der Regelung ist nötig, da diese sonst versuchen würde, den absichtlich zu früh auf die neue Motorleistung eingestellten Wert der NH_3 -Zufuhr zu korrigieren, wenn die NO_x -Konzentration noch entsprechend der alten Motorleistung hoch ist.

Günstigerweise kann im Zusammenhang mit einer derartigen Vorsteuerung des NH_3 -Wertes bei einer Leistungsreduktion vorgesehen sein, daß der NH_3 -Bedarf während der zweiten Zeitspanne, in der die Regelung noch außer Kraft ist, beim bzw. nach Einstellen der neuen Motorleistung wieder aus den gemessenen tatsächlichen Motordaten (Leistung, Drehzahl) ermittelt wird. Gemäß dieser Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens wird praktisch immer der momentane Leistungswert der Ermittlung der NH_3 -Zufuhr zugrundegelegt. Nur bei Leistungsreduktionen tritt die oben beschriebene Vorsteuerung in Kraft, wobei nach Erreichen der neuen niederen Leistung sofort wiederum der momentane Leistungswert für die Ermittlung der NH_3 -Zufuhr zugrundegelegt wird und hierauf die Regelung des restlichen Anteiles der NH_3 -Zufuhr wieder in Kraft tritt.

Um zu verhindern, daß durch Aktivitätsverlust des Katalysators ein erhöhter NH_3 -Schlupf auftritt, sieht ein bevorzugtes Merkmal der Erfindung vor, daß bei einer gesamten NH_3 -Zufuhr, die während einer weit über den charakteristischen Regelzeiten der über die gemessene NO_x -Konzentration laufenden Regelung liegende Zeitspanne über 100%, vorzugsweise über 105% des aus Leistung und Drehzahl des Motors ermittelten NH_3 -Bedarfs liegt, ein Alarmsignal ausgelöst wird und/oder der Motor abgestellt wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird im folgenden durch ein Ausführungsbeispiel anhand einer Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens durch die Zeichnungen näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm der Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 und 3 jeweils in einem Diagramm den zeitlichen Verlauf der Motorleistung, des gesteuerten NH_3 -Anteiles der NH_3 -Zufuhr, des geregelten Anteils der NH_3 -Zufuhr bzw. der gesamten NH_3 -Zufuhr, der NO_x -Konzentration und des NH_3 -Schlupfes nach dem Katalysator bei Reduzierung der Motorleistung, und

Fig. 4 und 5 die gleichen Diagramme wie in Fig. 2 und 3 jedoch bei Steigerung der Motorleistung.

In Fig. 1 ist eine Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt. Die gesamte Anlage besteht im wesentlichen aus einem aufgeladenen Zweitakt-Gasmotor M , dessen in der Rohemission enthaltene schädliche Substanzen in einem selektiv auf NO_x wirkenden SCR-Katalysator 1 und einem Oxidationskatalysator 2 weitgehend zu unschädlichen Verbindungen reagieren, einer NH_3 -Dosiereinrichtung 3, welche die NH_3 -Zufuhr (NH_3 -Eindüsung) in die Abgasleitung dosiert, einer Regeleinrichtung 4, die die NO_x -Konzentration hinter dem SCR-Katalysator 1 ermittelt und abhängig von dieser NO_x -Konzentration über die Regelleitung 5 die NH_3 -Zufuhr regelt, und einer Steuereinrichtung 6, die den NH_3 -Bedarf aus Leistung N und Drehzahl n des Motors M nach einem Kennfeld errechnet und unabhängig von Regeleinrichtung 4 über die Steuerleitung 7 eine Zuführung von etwa 85% des NH_3 -Bedarfs bewirkt.

Das Wesentliche des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß mindestens 75%, vorzugsweise 85%, des aus Leistung N und Drehzahl n des Motors M ermittelten NH_3 -Bedarfs unabhängig von der Regelung über die NO_x -Konzentration dem SCR-Katalysator 1 zugeführt werden, (= schnellere Steuerung), während nur die restliche NH_3 -Zufuhr ($< 25\%$) auf den NH_3 -Sollwert, bei dem die in der Rohemission enthaltene NO_x -Konzentration im SCR-Katalysator durch Reaktion mit dem zugeführten NH_3 gerade auf eine geforderte NO_x -Ausgangskonzentration sinkt, geregelt wird (= langsamere Regelung). Damit läßt sich seinerseits die NH_3 -Zufuhr auch bei schnellen Leistungsänderungen des Motors M immer exakt auf den zugehörigen NH_3 -Sollwert dosieren, womit sowohl NO_x - als auch NH_3 -Emissionspeaks vermieden werden. Andererseits ermöglicht die feine Regelung trotz schwer erfaßbarer Querempfindlichkeiten, wie Temperatur, Alterungszustand des SCR-Katalysators 1 oder Schwankungen der Rohemission immer eine solche NH_3 -Zufuhr, die die NO_x -Konzentration immer exakt auf eine vorher festgelegte NO_x -Konzentration führt.

Im einzelnen funktioniert die gezeigte Anlage wie folgt:

Im stationären Betrieb legt die Motorsteuereinrichtung 8 über die Motorsteuerleitung 9 eine konstante Leistung N und Drehzahl n des über den Abgas-Turbolader 10 aufgeladenen Motor M fest. Über eine Meßleitung 11 werden die gemessenen, aktuellen Motordaten (Leistung N , Drehzahl n) an den Bedarfsrechner 12 der Steuereinrichtung 6 geliefert. Dieser berechnet aus den gemessenen Motordaten ein Ausgangssignal, welches über den Schalter S und die Steuerleitung 7 der NH_3 -Dosiereinrichtung zugeführt wird und über diese eine NH_3 -Zufuhr von 85% des vom Bedarfsrechner errechneten NH_3 -Bedarfs einwirkt.

Gleichzeitig mißt die NO_x -Meßeinheit 13 der Regeleinrichtung 4 laufend die NO_x -Konzentration. In der eigentlichen Regeleinheit 14 wird der festgestellte Istwert der NO_x -Konzentration mit dem voreingestellten Sollwert der NO_x -Konzentration verglichen und abhängig vom Vergleichsergebnis die NH_3 -Zufuhr über die Regelleitung 5 und die NH_3 -Dosiereinrichtung 3 korrigiert, was letztlich die NO_x -Konzentration korrigiert. Die Addition der Steuersignale auf der Steuerleitung 7 und der Regelsignale auf der Regelleitung 5 erfolgt im Punkt 15.

Der Aufbau der NH_3 -Dosiereinrichtung 3 ist nur stark schematisiert dargestellt und kurz beschrieben. Wesentlich ist lediglich die Aufgabe der NH_3 -Dosierein-

richtung, nämlich in Abhängigkeit des auf der Eingangsleitung 16 anstehenden Signals eine bestimmte NH_3 -Zufuhr über die Eindüsleitung 18 zu bewirken. Hierzu ist ein elektrisch betätigbares Ventil 19 vorgesehen, das letztlich die NH_3 -Zufuhr aus der NH_3 -Lager- und Fördereinheit 20 dosiert. Eine Regeleinrichtung 21 empfängt, abgesehen vom Eingangssignal, über einen Mengemesser 22 den Istwert der NH_3 -Zufuhr und regelt diesen über das Ventil 19 auf den dem Eingangssignal entsprechenden Wert.

Bei einer beabsichtigten Leistungsverminderung des Motors M übernimmt die Vorsteuereinheit 23 anstelle des Bedarfsrechners 12 die Steuerung der NH_3 -Zufuhr, indem der schematisch dargestellte Schalter S in die in Fig. 1 nicht dargestellte Stellung umgelegt wird. In der Praxis wird der Schalter S elektronisch realisiert sein.

Wie aus Fig. 2 hervorgeht, reduziert die Vorsteuereinheit 23 den gesteuerten Anteil der NH_3 -Zufuhr (bzw. das Signal auf der Steuerleitung 7) bereits eine Zeitspanne t_1 ($t_1 \approx 20$ sec) vor der echten Reduzierung der Leistung N auf einen Wert, der der beabsichtigten neuen Leistung entspricht. Um zu verhindern, daß die Regelung nun nachzuregeln versucht, wird die Regelleitung 5 über den Ein/Ausschalter 24 für eine Zeitspanne t_2 ($\approx 60-80$ sec) abgeschaltet, womit die Vorsteuereinrichtung zu 100% die NH_3 -Zufuhr bestimmt. Durch dieses Vorsteuern wird ein erhöhter NH_3 -Schlupf auf jeden Fall verhindert (vgl. Fig. 3 unten), da die NH_3 -Zufuhr ja momentan sogar zu niedrig ist. Dies bewirkt ein leichtes Ansteigen der NO_x -Konzentration während der Zeitspanne t_1 , die jedoch, wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, nie den NO_x -Grenzwert erreicht. Hierauf sinkt die Motorleistung N und damit die NO_x -Konzentration innerhalb von t_3 ($t_3 \approx 12$ sec) wirklich ab. Nach Absenken der Leistung übernimmt wieder der Bedarfsrechner 12 die Steuerung der NH_3 -Zufuhr, der eine NH_3 -Zufuhr von 85% des zur neuen Leistung N gehörigen NH_3 -Bedarfs bewirkt. Da die Regelung noch ausgeschaltet ist, steigt die NO_x -Konzentration bis zum Einschalten der Regelung leicht an. Hierauf schaltet man die Regelungseinrichtung wieder an, was die NH_3 -Zufuhr so korrigiert, daß die NO_x -Konzentration auf etwa 10% unter den NO_x -Grenzwert sinkt. Während der Leistungsreduktion ist der gesamte NH_3 -Schlupf nie angestiegen und die NO_x -Konzentration ist unter dem Grenzwert geblieben. Nach der Reduktion der Leistung liegt die NO_x -Konzentration hinter dem SCR-Katalysator gleich wie vorher, die NH_3 -Zufuhr ist auf Grund der geringeren NO_x -Rohemission jedenfalls geringer.

Bei einer Leistungssteigerung hat immer der Bedarfsrechner 12 die Steuerung inne. Hier wäre eine vorherige Erhöhung der NH_3 -Zufuhr natürlich unerwünscht. Die Regelung hinkt etwa eine Minute mit ihrem Ansprechen nach, was zur Folge hat, daß die NH_3 -Zufuhr beim Leistungsanstieg (vgl. Fig. 4) während der Zeitspanne t_4 ($t_4 \approx 24$ sec) leicht nachhinkt, was einen leichten Anstieg der NO_x -Konzentration, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, bewirken kann. Dadurch, daß aber 85% der NH_3 -Zufuhr mit der Leistung gesteuert sind und nur etwa 15% geregelt, ist das Ausmaß des Nachhinkens der NH_3 -Zufuhr auf Grund der Trägheit der Regelung gering und somit der Anstieg der NO_x -Konzentration ebenfalls gering, wobei die NH_3 -Pufferwirkung des Katalysators hier zusätzlich ausgleichend wirkt.

Zu den Kurvenverläufen in den Fig. 2 bis 5 wäre zu bemerken, daß es sich hierbei um stark schematisierte Verläufe handelt, die in der Praxis doch erheblich abweichen können. Wesentlich ist, daß sowohl beim Anstieg

(Fig. 4 und 5) als auch bei der Reduktion (Fig. 2 und 3) der Leistung N die NO_x -Konzentration nie den NO_x -Grenzwert überschreitet und der störende NH_3 -Schlupf eher sinkt als steigt.

Der SCR-Katalysator 1 muß nicht hinter dem Turbolader 10 und dem Oxidationskatalysator 2, der zur Oxidation von Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffen und CO dient, angeordnet sein. Da der Oxidationskatalysator 2 bei hohen Temperaturen einen besseren Wirkungsgrad hat, ist es jedoch günstig, diesen Katalysator nahe beim Motor M anzuordnen. Wäre der SCR-Katalysator vor dem Turbolader 10 angeordnet, so müßte sowohl auf Grund der stark korrosiven Wirkung von NO_3 ein Oxidationskatalysator zwischen SCR-Katalysator 1 und Turbolader 10 eingebaut sein.

Die Ermittlung des NH_3 -Bedarfs erfolgt im Bedarfsrechner durch laufende Berechnung aus den gemessenen Motordaten. Die Berechnung kann analog oder digital ausgeführt werden. Die Vorsteuereinheit kann den NH_3 -Bedarf ebenfalls errechnen. Es ist aber auch möglich, daß die Vorsteuereinheit, die nur bei Leistungsreduktion in Kraft ist, einfacher aufgebaut ist und nur wenige diskrete Signalwerte an die NH_3 -Dosiereinrichtung abgeben kann, wobei diese Signalwerte dann nur ungefähr jener NH_3 -Zufuhr entsprechen, die zur tatsächlich sich einstellenden Leistung gehört. Das Wesentliche der Vorsteuereinheit ist jedoch nicht, daß der voreingestellte NH_3 -Wert exakt der reduzierten Leistung entspricht, als vielmehr die Tatsache, daß die NH_3 -Zufuhr vor der echten Leistungsreduktion zurückgenommen wird.

Fig. 1

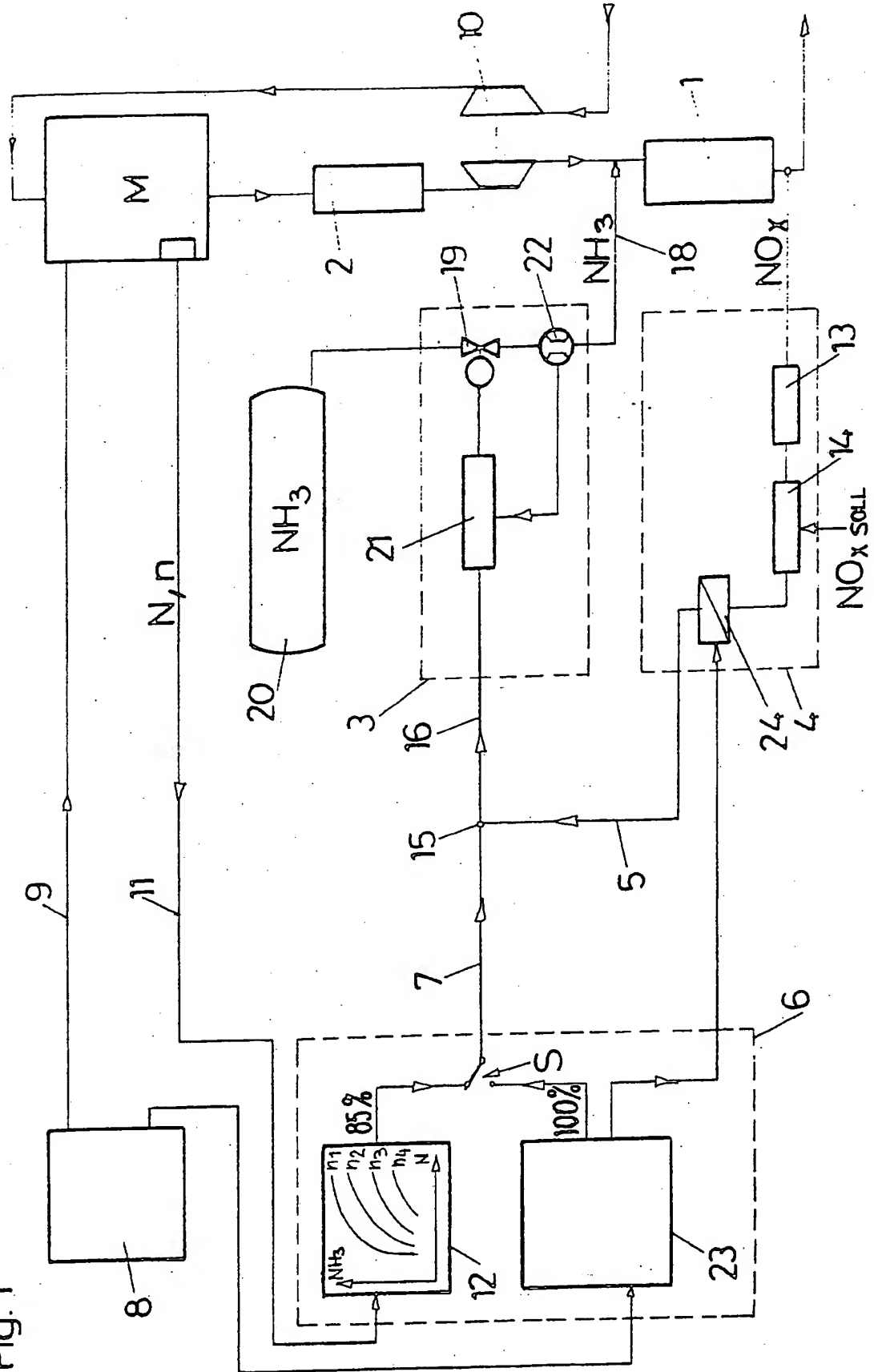


Fig. 2

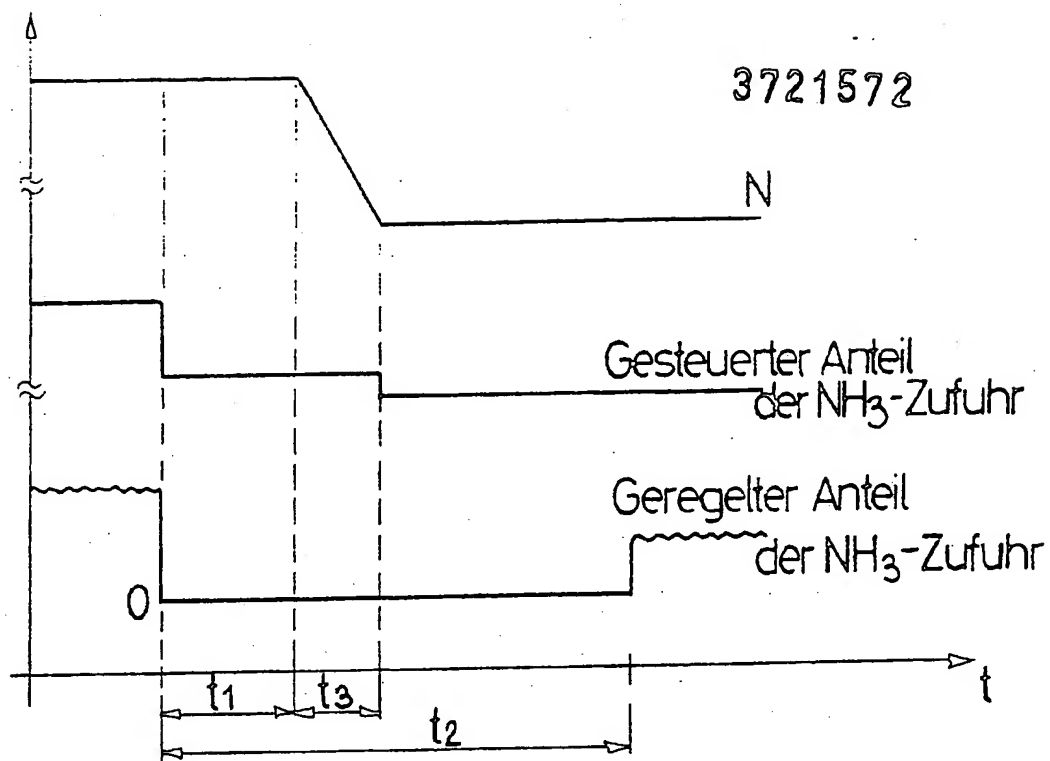


Fig. 3

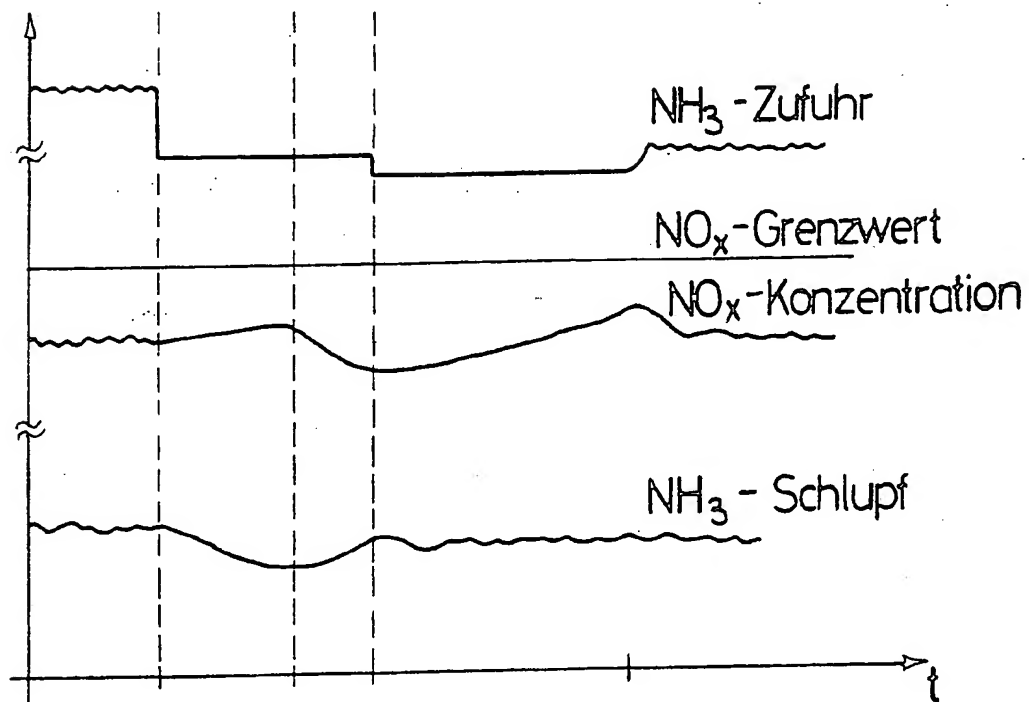


Fig. 4

3721572

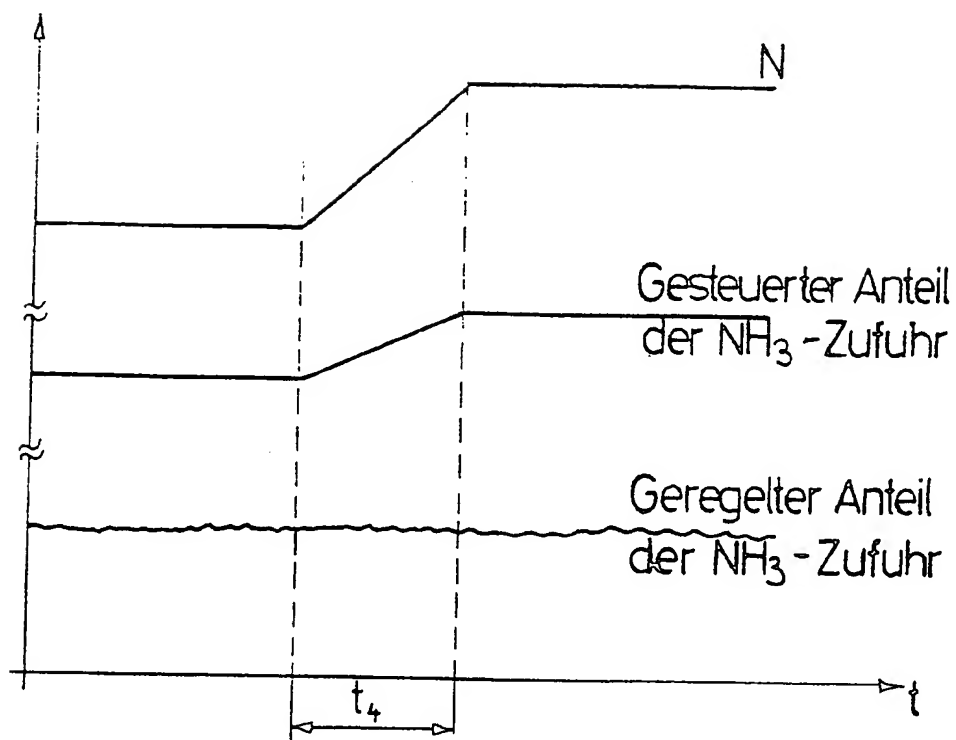


Fig. 5

